

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

H04B 15/00

H04J 3/12



[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 96197308.0

[43]公开日 1998年11月4日

[11]公开号 CN 1198275A

[22]申请日 96.8.20

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

[30]优先权

代理人 韩 宏

[32]95.9.6 [33]US[31]08 / 524,132

[86]国际申请 PCT / US96 / 13516 96.8.20

[87]国际公布 WO97 / 09797 英 97.3.13

[85]进入国家阶段日期 98.3.30

[71]申请人 索拉纳技术开发公司

地址 美国加利福尼亚

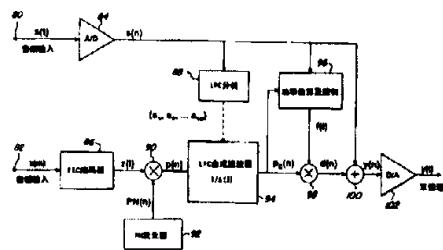
[72]发明人 宗·U·李 卡姆兰·穆阿莱密
罗伯特·L·沃伦

权利要求书 12 页 说明书 25 页 附图页数 12 页

[54]发明名称 在音频信号中传送辅助数据的方法及装置

[57]摘要

通过以彩色噪音的形式隐藏数据，在传统音频信号中传送辅助数据。彩色噪音具有模仿原始音频信号频谱的频谱。待被传送的数据首先被转换成扩展频谱信号。对原始音频信号进行分析以确定它的频谱形状。将同样的频谱形状赋予扩展频谱信号，然后它与原始音频信号相组合以便传输。可使用时域模拟及合成。如线性预测编码或使用子带编码技术、如快速傅里叶变换来执行频谱整形。多个不同的辅助信息流可在音频信号上传送。通过调节单个扩展频谱信号载波的增益及彩色噪音的功率，可使辅助信息流在原始音频信号中表现为不能被听到，或处于低于或高于可听阈值的任何所需电平上。



权 利 要 求 书

1、一种传送音频信号中辅助信息的方法，包括以下步骤：

通过所述辅助信调制伪随机噪音载波，以提供在其载波部分上携载所述信息的扩展频谱信号；

使用时域模拟估算所述音频信号，以获得其频谱形状的近似量；及

响应所述时域模拟使用时域合成，以便对所述扩展频谱信号的载波部分进行频谱整形，以模仿所述音频信号的频谱形状，由此产生包含被载在所述音频信号中的所述辅助信息的彩色噪音。

2、根据权利要求 1 的方法，包括进一步的步骤：

调节所述彩色噪音信号的功率，以在所述音频信号中以所需电平设置该信号；及

将所述功率调节的彩色噪音信号与所述音频信号相组合，以产生携载作为所述音频信号中噪音的所述辅助信息的输出信号。

3、从携载权利要求 1 的彩色噪音信号的接收音频信号中恢复所述辅助信息的方法，包括下列步骤：

使用时域模拟估算所述接收音频信号以近似其频谱形状；

基于确定的近似频谱形状处理接收的音频信号，由此使其中包含的彩色噪音信号白化；及

解调白化噪音信号以恢复所述辅助信息。

4、根据权利要求 3 的方法，其中：

所述接收的音频信号包括所述彩色噪音信号及所述音频信号之和。

5、根据权利要求 3 的方法，其中：

所述时域模拟包括线性预测编码（LPC），以便提供在所述频谱整形及白化步骤期间所用的 LPC 系数。

6、根据权利要求 5 的方法，其中：

在所述白化步骤期间使用的 LPC 系数是与所述频谱整形期间所用的 LPC 系数的获得无关地从所述接收的音频信号中获得的。

7、根据权利要求 1 的方法，其中多个辅助信息信号在所述音频上传送，所述方法包括以下另外的步骤：

通过所述辅助信息信号模仿多个伪随机噪音载波，以提供多个扩展频谱信号；

对所述载波进行频谱整形，以模拟所述音频信号的频谱形状；及将频谱整形的载波与所述音频信号相组合，以产生载有作为所述音频信号中彩色噪音的辅助信息信号的输出信号。

8、根据权利要求 7 的方法，其中每个所述载波在它与所述音频信号组合以前被单独地频谱整形。

9、根据权利要求 7 的方法，其中所述载波在所述频谱整形步骤以前相组合，及所述组合的载波在它们与所述音频信号组合前作为一组被频谱整形。

10、根据权利要求 7 的方法，其中：

至少一个所述载波在它与所述音频信号组合前被单独地频谱整形，及

至少二个另外的所述载波在所述频谱整形步骤前被组合，并在它们与所述音频信号组合前作为一组被频谱整形。

11、根据权利要求 7 的方法，其中：

频谱整形载波与所述音频信号相组合，以使得至少一个所述频谱整形载波在所述音频信号已与至少另一所述频谱整形载波组合后与所述音频信号相组合。

12、根据权利要求 7 的方法，还包括一步骤：提供至少一个调制的或非调制的伪随机噪音载波作为同步接收机功能所用的引导信号。

13、根据权利要求 7 的方法，包括以下另外的步骤：
在至少一个所述频谱整形载波与所述音频信号相组合前调节该频谱整形载波的增益。

14、根据权利要求 13 的方法，包括另一步骤：
调节作为一组的这些频谱整形载波的功率，以在所述音频信号中以所需电平提供该组。

15、根据权利要求 7 的方法，包括以下另外的步骤：
确定至少第一频谱整形载波的增益；及
响应于确定的第一频谱整形载波增益，调节至少第二频谱整形载波的增益。

16、根据权利要求 15 的方法，包括另一步骤：
作为一组调节至少所述第一及第二频谱整形载波的功率，以在所述音频信号中以所需电平提供该组。

17、根据权利要求 7 的方法，其中至少两个所述频谱整形载波以不同的数据速率被提供。

18、一种从权利要求 7 的输出信号恢复所述辅助信息的方法，包括下列步骤：

估算所述输出信号，以近似其频谱形状；

基于确定的近似频谱形状处理输出信号，由此白化所述彩色噪音；及

在所述彩色噪音已被白化后，解调一所需的扩展频谱信号，以恢复被它携载的辅助信息。

19、根据权利要求 18 的方法，其中多个所述扩展频谱信号同时地从所述输出信号中解调出来。

20、根据权利要求 1 的方法，其中所述伪随机噪音载波是加密地产生的，以提供所述辅助信息到所述接收机的可靠通信。

21、一种在音频信号中传送多个辅助信息信号的方法，包括下列步骤：

通过至少一个不同的所述辅助信息信号调制多个伪随机噪音载波中的每个，以提供多个在其载波部分上携载辅助信息的扩展频谱信号；

使用子带分析估算所述音频信号以预测它的频谱形状；

响应所述子带分析对所述多个扩展频谱信号进行子带滤波，以便对所述扩展频谱信号的载波部分进行频谱整形来模仿所述音频信号的频谱形状；及

将频谱整形载波与所述音频信号相组合，以产生载有作为所述音频信号中彩色噪音的所述辅助信息信号的输出信号。

22、根据权利要求 21 的方法，其中所述估算及子带滤波步骤分别包括快速傅里叶变换（FFT）分析及滤波。

23、根据权利要求 21 的方法，其中每个所述载波在其与所述音频信号组合前被单独地频谱整形。

24、根据权利要求 21 的方法，其中所述载波在所述频谱整形步

骤以前相组合，及所述组合的载波在它们与所述音频信号组合前作为一组被频谱整形。

25、根据权利要求 21 的方法，其中：

至少一个所述载波在它与所述音频信号组合前被单独地频谱整形，及

至少二个另外的所述载波在所述频谱整形步骤前被组合，并在它们与所述音频信号组合前作为一组被频谱整形。

26、根据权利要求 21 的方法，其中：

至少一个所述频谱整形载波在所述音频信号已与至少另一所述频谱整形载波组合后与所述音频信号相组合。

27、根据权利要求 21 的方法，包括另一步骤：提供至少一个调制的或非调制的伪随机噪音载波作为一同步接收机功能中所用的引导信号。

28、根据权利要求 21 的方法，包括另一步骤：

在至少一个所述频谱整形载波与所述音频信号相组合前调节该频谱整形载波的增益。

29、根据权利要求 28 的方法，包括以下另外的步骤：

调节作为一组的这些频谱整形载波的功率，以在所述音频信号中以所需电平提供该组。

30、根据权利要求 21 的方法，包括以下另外的步骤：

确定至少第一频谱整形载波的增益；及

响应于确定的第一频谱整形载波增益，调节至少第二频谱整形载波的增益。

31、根据权利要求 30 的方法，包括另一步骤：

调节作为一组的至少所述第一及第二频谱整形载波的功率，以在所述音频信号中以所需电平提供该组。

32、根据权利要求 21 的方法，其中至少两个所述频谱整形载波以不同的数据速率被提供。

33、一种从权利要求 21 的输出信号恢复所述辅助信息的方法，包括下列步骤：

估算所述输出信号，以近似其频谱形状；

基于确定的近似频谱形状处理输出信号，由此白化所述彩色噪音；及

在所述彩色噪音已被白化后，解调所需扩展频谱信号，以恢复被它携载的辅助信息。

34、根据权利要求 33 的方法，其中多个所述扩展频谱信号同时地从所述输出信号中解调出来。

35、用于在音频信号中传送辅助信息以与接收机通信的装置，包括：

用于将所述辅助信息的数据流转换成携载所述信息的扩展频谱信号的装置；

用于使用时域模仿来估算所述音频信号以获得其频谱形状的近似值的装置；及

时域合成器，它响应于所述估算装置，用于对所述扩展频谱信号的载波部分进行频谱整形来模仿所述音频信号的频谱形状，由此产生包含待载于所述音频信号中的辅助信息的彩色噪音信号。

36、根据权利要求 35 的装置，还包括：

用于将所述彩色噪音信号与所述音频信号相组合以产生携载作为

所述音频信号中噪音的所述辅助信息的输出信号。

37、根据权利要求 36 的装置，还包括：

用于在所述组合装置前面调节所述彩色噪音信号的功率以在所述音频信号中以所需电平提供其的装置。

38、根据权利要求 35 的装置，其中：

所述估算装置包括被连接以接收所述音频信号并由它产生 LPC 系数的线性预测编码（LPC）处理器；及

所述时域合成器包括一个响应所述 LPC 系数的 LPC 滤波器。

39、用于从携载由权利要求 35 的装置提供的彩色噪音信号的接收的音频信号恢复所述辅助信息的装置，包括：

使用时域模拟来估算所述接收的音频信号以近似其频谱形状的装置；

时域处理器，用于基于确定的频谱形状处理接收的音频信号，以白化包括在其中的彩色噪音信号；及

用于解调白化噪音信号以恢复所述数据流的装置。

40、根据权利要求 39 的装置，其中：

所述用于估算所述音频信号的装置包括被连接以接收所述音频信号并由它产生第一 LPC 系数的第一线性预测编码（LPC）处理器；

所述时域合成器包括响应于所述第一 LPC 系数的第一 LPC 滤波器；

所述用于估算所述接收的音频信号的装置包括第二 LPC 处理器，用于从接收的音频信号产生第二 LPC 系数；及

所述时域处理器包括响应于所述第二 LPC 系数的第二 LPC 滤波器。

41、根据权利要求 40 的装置还包括:

调节所述彩色噪音信号的功率, 以使它在所述音频信号中具有所需电平的装置。

42、用于在音频信号中传送多个辅助信息流的装置, 包括:

用于将所述多个辅助信息流转换成扩展频谱信号的装置;

用于估算所述音频信号以获得它的频谱形状的近似值的装置; 及

响应于所述估算装置, 用于对所述扩展频谱信号的载波部分进行频谱整形来模仿所述音频信号的频谱形状的装置;

其中所述扩展频谱信号的组合被使用来提供模仿所述音频信号的频谱形状的彩色噪音, 以便在所述音频信号中携载所述辅助信息。

43、根据权利要求 42 的装置, 还包括:

在至少一个所述频谱整形载波与所述音频信号相组合前调节该频谱整形载波增益的装置。

44、根据权利要求 43 的方法, 还包括:

调节作为一组的这些频谱整形载波的功率, 以在所述音频信号中提供具有所需功率等级的组。

45、根据权利要求 42 的装置, 还包括:

确定待载于所述音频信号中的至少第一频谱整形载波的增益的装置; 及

响应确定的所述至少第一频谱整形载波增益, 调节待载于所述音频信号中的至少第二频谱整形载波增益的装置。

46、根据权利要求 45 的装置, 还包括:

调节作为一组的至少所述第一及第二频谱整形载波的功率, 以在所述音频信号中提供具有所需电平的该组的装置。

47、根据权利要求 42 的装置，其中：

用于估算所述音频信号的所述装置使用时间域模拟，以获得音频信号频谱形状的近似值；及

响应所述估算装置的所述装置包括一个时域合成器。

48、根据权利要求 42 的装置，其中：

用于估算所述音频信号的所述装置使用子带分析来获得音频信号频谱形状的所述近似值；及

响应于所述估算装置的所述装置至少包括一个子带滤波器。

49、根据权利要求 48 的装置，其中所述子带分析器及子带滤波器分别包括快速傅里叶变换（FFT）分析器及滤波器。

50、根据权利要求 42 的装置，还包括：

调节所述彩色噪音信号的功率，以使它在所述音频信号中具有所需电平的装置。

51、根据权利要求 42 的装置，其中：

所述多个辅助信息流具有不同的数据速率；及

所述用于将所述辅助信息流转换成扩展频谱信号的装置包括对不同信息流提供不同输出速率的伪随机序列发生器。

52、根据权利要求 42 的装置，其中：

所述用于将所述辅助信息流转换成扩展频谱信号的装置包括对不同信息流提供正交伪随机序列的伪随机序列发生器。

53、用于恢复由作为音频信号中噪音被传送的扩展频谱信号携载的辅助信息的解码器，所述扩展频谱信号包括一个被着色的载波，以模仿包括在所述音频信号中的音频信息的频谱形状，所述解码器包括：

用于使用时域模仿来估算所述音频信号以近似其频谱形状的装置；

时域处理器，用于基于确定的频谱形状处理音频信号，以使其中包含的彩色扩展频谱载波白化；及

用于解调白化的载波以恢复所述辅助信息的装置。

54、根据权利要求 53 的解码器，其中：

所述估算装置包括被连接以接收所述音频信号并由它产生 LPC 系数的线性预测编码（LPC）处理器；及

所述时域处理器包括响应所述 LPC 系数的 LPC 滤波器。

55、根据权利要求 53 的解码器，其中：

多个辅助信息信号被载于所述扩展频谱信号的各个载波上，所述所有载波被频谱整形，以模仿所述音频信息的频谱形状；及

所述解调装置包括用于选择至少一个用来解调以使至少一个相应的辅助信息信号能恢复的所需载波的装置。

56、根据权利要求 53 的解码器，其中：

多个辅助信息信号被载于所述扩展频谱信号的各个载波上，所述所有载波被频谱整形，以模仿所述音频信息的频谱形状；及

所述解调装置包括用于同时地解调多个所述载波，以能使所述各辅助信息信号同时恢复的装置。

57、用于恢复由作为音频信号中噪音被传送的扩展频谱信号携载的多个辅助信息流的解码器，所述扩展频谱信号包括多个被着色的载波，以模仿包括在所述音频信号中的音频信息的频谱形状，所述解码器包括：

用于估算所述音频信号以确定其近似频谱形状的装置；

用于基于确定的频谱形状处理音频信号，以使其中包含的彩色扩展频谱载波白化的装置；及

用于解调白色载波以恢复所述辅助信息流的装置。

58、根据权利要求 57 的的解码器，其中：

所述估算装置包括被连接以接收所述音频信号并由它产生 LPC 系数的线性预测编码（LPC）处理器；及

所述处理装置包括响应所述 LPC 系数的 LPC 滤波器。

59、用于恢复由作为音频信号中噪音被传送的扩展频谱信号携载的辅助信息的解码器，包括：

用于使所述音频信号的频谱白化的装置，所述白化装置产生所述扩展频谱信号中的符号间的干扰；及

梳状接收器，用于从所述白化装置接收及解调所述音频信号；

所述梳状接收器具有多个梳指，用于当解调接收的音频信号时处理不同的所述扩展频谱信号的多个路径，由此减小符号间干扰地恢复所述扩展频谱信号，以便从其中获得所述辅助信息。

60、根据权利要求 59 的解码器，其中所述白化装置包括：

被连接以接收所述音频信号并由它产生 LPC 系数的线性预测编码（LPC）处理器，及

N 阶的 LPC 滤波器，用于接收所述音频信号并响应所述 LPC 系数，以便使所述音频信号的所述频谱白化。

所述梳状接收器包括 N 个梳指，其中 N 近似等于所述 LPC 滤波器的阶。

61、根据权利要求 59 的解码器，其中所述白化装置包括：

被连接以接收及估算所述音频信号的频谱的子带分析器；及

响应由所述子带分析器估算的频谱的子带滤波器。

62、根据权利要求 59 的解码器，其中所述每个梳指具有相关的权重，所述梳状接收器还包括：

用于个别地调节所述梳状接收器梳指权重的装置。

63、根据权利要求 62 的解码器，其中所述梳状接收器梳指的权重是可动态地调节的。

64、根据权利要求 63 的解码器，其中所述权重是响应于由所述白化装置产生的系数而可动态地调节的。

说 明 书

在音频信号中传送辅助数据的方法及装置

本发明涉及用于在音频信号中隐藏数据的方法及装置，更具体地，涉及将一个或多个辅助数据信号插在原始音频信号中并通过现有音频信道通信的方案。并且也公开了从音频信号中恢复隐藏数据的方法和装置。

携载信息的传输信道的容易受到信道带宽的限制。因为无线电通信信道的带宽受到电磁波频谱的实际条件的限制，因此开发用于能在给定带宽的信道内增加携载信息量的技术变为非常需要。例如，已经公知了用于压缩数字数据以便将更多的数据压缩在给定带宽或数据存储空间中的技术。

在给定带宽内传输附加数据的另一方案是识别附加信息能与原始信息一起传送的，并对原始信号本身的传送无副作用。这种技术可与公知的压缩方法相结合。一种这样的技术是与音频信号一起传送数据。在这种技术中，音频信道的带宽保留原样，而附加信息与音频信息装载在一起，以致使附加信息能被检索出来，并实质上不会使原始音频信号的质量下降。

由于在音频系统中重播声音的方法，在传统的音频信号中具有固有的冗余。通过作为音频信号的幅值或电压将瞬时的声压记录下来，在实际重播及人的听觉感受之间将出现失配。尽管人耳在许多方面有些非线性，它表现为象一组低通滤波器或频谱分析器。在每个频率上，听觉近似为对数特性，即能被承受的噪音量正比于信号。换言之，一旦“信噪比”（SNR）超过一定阈值，噪音不再能

被听到。该 SNR 阈值通常小于 40dB 并维持在大多数可听频率范围上。这个相对低的 SNR 要求能使载有信号的信息通过现有的音频信号通道（例如，从音频信号源到重播声音的换能器），不被人耳所觉察到，只要该 SNR 维持在所有的频率上。

在音频信号中隐埋数字信息的一种方法公开在题为“隐埋式信号通信”的美国专利 US , 5 , 319 , 375 中。该专利公开了代表待隐埋的码符号序列的码信号发生，码信号具有的频率分量实际上被限定在音频信号带宽内并小于该带宽的预选信号发送带上。在围绕该信号发送带的频带上对音频信号连续地作频率分析。作为分析的函数，码信号被动态地滤波，以对修改的码信号提供频率分量级，后者在每个时刻上在信号发送带的外部实际上小到可以忽略。在信号发送带的每个频率上，修改码信号的频率分量级实际上预选择为正比于在相应频率范围中的音频信号频率分量级。修改码信号与音频信号相结合以提供复合音频信号。频率分析及动态滤波是使用大量带通滤波器的组来实现的。这种结构导致相当复杂及高成本的实施，这将限制其实用价值。

最好是提供一种在传统音频信号中隐藏数据的更健全的方案。这种方案应能使多个不同的数据流与音频信号一起传送，而实际上不会改变音频信号的质量。这些不同的数据流应能以不同数据速率提供，并能在被加到音频信号上以前能以任何数目的路径相组合。不同的数据流及其组合也应能在另外数据流已加到音频信号上以后以“级联”的方式加到音频信号上。组合数据流应能在音频信号中以不同的等级（即具有不同的增益）来提供，及组合数据流的功率应可被调节以保持在所需等级上在音频信号内相组合。

此外，由音频信号携载的信息类型实际上应是无限制的。例如，最好使与音频信号完全无关的数据被携载。类似地，使辅助于音频数据的数据被携载也是有利的，这种辅助数据例如为预防音频信号未被合法授权地复制所执行的复制保护方案的数据或其它控制与音频信号有关的音频节目的使用或另外信息（例如视频或多媒体）使用的数据。识别音频信号内容的信息，例如音频节目的名称和/或演员，及关于市场研究或商业验证的调查信息也可使用该方案来隐藏。另外，用于在音频信号中隐藏数据的方案应能隐藏调制的载波、未调制的载波（例如引导信息）或这两者的组合。

本发明涉及具有上述及另外优点的对隐藏在音频信号中的信息进行传送及恢复的方法和装置。

根据本发明，提供了一种在音频信号中隐藏辅助信息以便与接收机通信的方法。伪随机噪音载波（具有平的频谱）被辅助信息调制，以提供携载信息的扩展频谱信号。对音频信号进行估算以确定其频谱形状。扩展频谱信号的载波部分被频谱整形（即，“变为彩色”）以模仿音频信号的频谱形状。具有频谱整形载波部分的扩展频谱信号与音频信号相结合以产生携载作为音频信号中随机噪音的辅助信息的输出信号。

在图示的实施例中，输出信号包括扩展频谱信号及音频信号的和。辅助信息可使用正向误差校正（FEC）码在调制步骤前被编码。以此方式，辅助信息调制 FEC 数据形式的载波。

提供了一种从输出信号恢复辅助信息的方法，其中确定出输出信号的频谱形状。然后基于确定的频谱形状处理输出信号，使包含在输出信号中的扩展频谱信号的载波部分变平（即“白化”）。在

载波部分变白以后，调制扩散频谱信号。解调部分使扩展频谱信号去扩散，以恢复 FEC 数据。然后对 FEC 数据解码以恢复辅助信息。在辅助信息不是 FEC 编码的实施例中，辅助信息直接地从去扩散的扩展频谱信号来恢复。

估算音频信号来确定它的频谱形状的步骤可使用时域模拟，例如线性预测编码（LPC）技术，以确定音频信号的频谱形状。LPC 是特别有利的，因为它能提供预测的增益，该增益例如可降低音频信号的功率。在这样一种实施例中，提供 LPC 系数用于对扩展频谱信号载波进行频谱整形。为了确定用于在解码器中恢复辅助信息的输出信号的频谱整形可从输出信号的频谱形状中独立地获得相应的LPC 系数。该相应的LPC 系数是供处理输出信号使载波部分变白用的。

在扩展频谱信号与音频信号组合前可对扩展频谱信号的功率进行调整。例如，可使用该调整来使扩展频谱信号低于音频信号中的可听阈值（即，使得它实际不能被听见）。也可以使用该调整以附加方式使扩展频谱信号被听到，以致使被记录的音频信号的持续复制、如数字录音带复制的质量随着每次新复制而变差。

也可以在音频信号上隐藏多个辅助信息信号。为了实现它，通过辅助信息信号来调制多个伪随机噪音载波，以提供多个扩展频谱信号。载波被频谱整形，以模仿音频信号的频谱形状。频谱整形的载波与视频信号相组合以产生输出信号。在一个实施例中，每个载波在其与音频信号组合前被个别地频谱整形。在另一实施例中，各载波在它们被频谱整形前相组合，及组合的载波在它们与音频信号组合前作为一组地被频谱整形。在一个混合实施例中，一些载波在

它们与音频信号组合前可以个别地被频谱整形，而另一些载波在被频谱整形及与音频信号组合前作为一组地相组合。

为了从在其中隐藏了多个辅助信息信号的输出信号恢复辅助信息，将确定出输出信号的频谱形状。基于其频谱形状对输出信号处理，使包含在其中的扩展频谱信号的载波部分变白。在载波部分变白后，解调所需的频谱信号。在解调期间使扩展频谱信号去扩散，以恢复被其所载的辅助信息。

伪随机噪音载波可加密地产生，以提供辅助信息对接收机的可靠通信。在这个实施例中，可在发射机及接收机两者上设置保安加密钥。根据公知的加密算法、例如数据加密标准（DES），使用该钥来产生伪随机噪音载波。在发射机及接收机两者上不具有相同的密钥，将不可能在发射机及接收机上产生相同的伪随机噪音载波。因此，没有适合的密钥，将不可能在接收机上获得恢复辅助信息所需的具体伪随机噪音载波。该事实可防止未经授权使用适合密钥的一方恢复出辅助信息。另外的公知加密算法、包括公用及私用的密钥方案，可被用来加密伪随机噪音载波。

提供了一种在音频信号中隐藏辅助信息以便与接收机通信的装置。该装置包括用于将辅助信息数据流转换成携载信息的扩展频谱信号的装置。设置了用于估算音频信号以确定其频谱形状的装置。响应于估算装置的装置将对扩展频谱信号的载波部分进行频谱整形，以模仿音频信号的频谱形状。具有频谱整形载波部分的扩展频谱信号与音频信号相组合，以产生载有作为音频信号中实际随机噪音的辅助信息的输出信号。可选择地，设置用于在组合装置前面调节扩展频谱信号功率的装置，以使扩展频谱信号在音频信号中具有

所需的功率等级（例如，低于可听阈值）。并且可选择地设置，在将辅助信息转换为扩展频谱信号以前使用正向误差校正码来编码辅助信息的装置。

在一个图示实施例中，估算装置包括连接来接收音频信号及由它产生 LPC 系数的线性预测编码（LPC）处理器。用于对载波部分频谱整形的装置包括响应 LPC 系数的 LPC 滤波器。在一个用于在音频信号中携载多个辅助信息流的替换实施例中，估算装置包括连接来接收及预测音频信号频谱的子带分析器。用于对载波部分频谱整形的装置包括响应子带分析器的子带滤波器，以便处理载波部分。在一个图示实施例中，子带分析器包括第一快速傅里叶变换（FFT）处理器。子带滤波器包括：处理载波部分用的第二 FFT 处理器；及加权装置，用于对由第一和第二 FFT 处理器的 FFT 输出进行频率加权；以及第三反向 FFT 处理器，用于处理加权装置的输出以提供频谱整形的载波部分。

提供了用于从包含组合的音频信号及扩展频谱信号的输出信号恢复辅助信息的装置。该装置包括用于确定输出信号频谱形状的装置。设置了基于由确定装置确定的频谱形状对输出信号进行处理的装置，以使包含在输出信号中的扩展频谱信号的载波部分变白。设置了在载波部分变白后解调扩展频谱信号的装置，以获得去扩散的扩展频谱信号及恢复了数据流。

在编码器中使用线性预测编码执行频谱整形的实施例中，解调器可包括连接来接收输出信号并由它产生 LPC 系数的 LPC 处理器。有利的是，LPC 系数将在解码器上与编码器无关地被获得，以使得无需将系数从编码器传送到解码器。为了使扩展频谱信号的载波部

分变白，解码器可包括响应本地获得的 LPC 系数的 LPC 滤波器。使用了这种 LPC 滤波器提供了上述有利的预测增益。

如果编码器使用 FEC 编码辅助信息时，解码器将包括 FEC 解码器。该 FEC 解码器对由解调装置恢复的数据流解码，以便提供辅助信息。

在编码器使用子带分析器及子带滤波器来提供频谱整形的实施例中，解码器 将包括相应的单元。具体地，将连接子带分析器来接收及预测输出信号的频谱。将设置子带滤波器来处理输出信号，以响应于由子带分析器预测的频谱使载波部分变白。在一个更专门的实施例中，在解码器中使用的子带分析器可包括 FFT 处理器。解码器中的子带滤波器可包括一个 FFT 处理器，它具有的输出与子带分析器的输出相乘形成一个积；以及包括一个反向 FFT 处理器，它接收另外 FFT 处理器输出的积。

设置了一种解码器来恢复由作为彩色噪音隐藏在音频信号中的扩展频谱信号所携载的辅助信息。该扩展频谱信号包括一个载波，该载波具有模仿包括在音频信号中的音频信息的频谱形状的频谱形状。还设置了确定音频信息频谱形状的装置。基于由该确定装置确定的频谱形状来处理音频信号，以使载波变白。还设置了对白色载波进行解调的装置以恢复扩展频谱信号。使恢复的扩展频谱信号去扩散，然后解调以恢复辅助信息。可使用线性预测编码（LPC）技术来实现载波的白化。

解码器可设计来恢复载于扩展频谱信号的各个载波上的多个辅助信息信号中的一个所需的辅助信息。所有的载波将分开整形以模仿音频信息的频谱形状。解码器中的解调装置包括用于选择解调所

需的一个载波的装置，以便能恢复相应的一个辅助信息信号。对于每个信息信号设有单独的解调器（及 FFC 编码器 - 如果需要的话）。用于去除频谱整形的单元（即“白化电路”）可被解码器中的所有辅助信息信号共享。

本发明还提供了一种使用梳状接收器实施的解码器。这种编码器尤其有利于对从基本白色噪音扩展频谱编码器接收的信号进行编码，这种编码器即为在音频信号中提供作为白色（非彩色）噪音的辅助信息的编码器。解码器中的白化装置产生扩展频谱信号中符号间的干扰。梳状接收器从白化装置接收音频信号。梳状接收器对接收的音频信号解调，以恢复具有降低了符号间干扰的扩展频谱信号。对恢复的扩展频谱信号去扩散来恢复出辅助信息。

梳状接收器实施例中的白化装置可包括连接来接收音频信号及由它产生 LPC 系数的 LPC 处理器。为了接收音频信号设置了一个 N 阶的 LPC 滤波器。该 LPC 滤波器响应于 LPC 系数来使音频信号的频谱变白。该梳状接收器包括 N 个支路或“梳指”，其中 N 近似等于 LPC 滤波器的阶。当解调接收的音频信号时，每个梳指处理扩展频谱信号的各个不同的多通路，由此恢复出具有降低了符号间干扰的扩展频谱信号，以便由它获得辅助信息。在该实施例中，梳状接收器还包括响应 LPC 系数以便动态地改变梳状接收器支路权重的装置。

图 1 是本发明的隐数据传送系统的总体框图；

图 2 是表示典型传输信道的模型；

图 3 是基本白色噪音隐数据传送编码器的框图；

图 4 是基本白色噪音隐数据传送解码器的框图；

图 5 是对待隐藏在音频信号中的辅助信息提供频谱整形及功率调节的隐数据传送编码器的 LPC 实施例的框图；

图 6 是用于恢复由图 5 的编码器输出的隐信息的解码器的框图；

图 7 是使用梳状接收器的隐数据传送解码器的框图；

图 8 是使用子带编码，尤其是快速傅里叶变换技术对待隐藏在音频信号上的信息进行频谱整形的隐数据传送编码器的框图；

图 9 是用于恢复由图 8 的编码器隐藏的信息的解码器实施例；

图 10 是用于在音频信号上隐藏多个辅助信息的串联实施例；

图 11 是用于在音频信号上隐藏多个辅助信息的并联实施例；及

图 12 是用于同时地对隐藏在音频信号中多个不同辅助信息信号解码的解码器的框图。

本发明利用人类听觉感官的极限来创建在设计用于载波音频信号的实际信道内的隐信道。用于发送的音频信号的后继调制是相对无关的。公知的 AM 、 FM 及多级调制技术，例如二进制相移键控（ BPSK ）、正交相移键控（ QPSK ）、正交幅度调制（ QAM ）及另外公知的调制技术可用来在根据本发明处理后发送音频信号以携带隐藏的辅助信息。该辅助信息可包括与音频数据有关或无关的任何所需数据。例如，在音频信号中可载有图文数据、控制数据及另外的无关数据。此外，或换一种方式，使用本发明的技术可携带识别音频信号和/或其内容的数据、市场研究及商业验证数据及复制保护数据。因此，应当理解，在能被隐藏在音频信号中（例如无声携带）的数据类型方面本发明无任何限制。

用于携带待隐藏的辅助信号的载波的最佳信号类型是随机似噪

音信号。随机噪音比其它相关噪音更易于使人感觉到。

伪随机噪音通常用于传播频谱通信系统中。根据本发明使用系统，以便以理想的载波一噪音比（CNR）、例如-20dB 来可靠地发送数据。为了克服低 CNR，需要高处理增益，即高的信号发送速率与信号带宽之比。因此，在典型的扩展频谱系统中，信息速率非常低，通常在 20KHZ 带宽的音频信道上低于每秒 100 位（bps）。用于扩展频谱系统的伪随机（PN）载波具有平的（白色）频谱。因此，在频谱谷区很难维持所需的 SNR，除非处理增益非常高。为了克服该问题，本发明白适应地对 PN 频谱整形，以匹配音频频谱的形状。该技术能使辅助信息以合理的高数据速率隐藏在音频信号中。

根据本发明的用于产生“彩色噪音”载波信号的 PN 频谱自适应整形、例如可通过使白色 PN 噪音经过线性预测编码（LPC）滤波器来获得，也就是，由其中待隐藏数据的音频信号来获得的。该 PN 噪音序列用作被 LPC 滤波器整形的载波信号，以匹配音频信号的频谱。有利的是，接近完善的反相 LPC 滤波器可考虑用在接收机上，因为插入的噪音信号本身将具有与音频信号相似的频谱形状。

使用 LPC 滤波器的好处是干扰信号的整平或“变白”作用，在此情况下干扰信号为音频信号。线性预测处理去掉了信号的可预测部分，并使得预测的剩余部分具有相对平坦的频谱。该类型的噪音明显地改善了正向误差校正（FFC）编码的性能，这种编码通常提供辅助信息，以便减少接收机上的误差概率。

LPC 实施方式的另一好处是传输信道失真可被 LPC 滤波器通过白化处理来补偿。实际上，在接收机上的反相 LPC 滤波器对于由发送 LPC 滤波器及信道滤波器的组合滤波起到自动均衡器的作用。

LPC 的另一好处是提供有用的、例如对减少音频信号功率有利的预测增益。

还公开了替换的实施例，其中使用了子带编码来代替由 LPC 提供的时域模拟及合成。为了使用子带编码来实施本发明，可应用快速傅里叶变换（FFT）技术。

图 1 以简化形式表示了本发明的隐数据传输（HDT）系统。原始音频信号经由端子 10 输入到编码器 14 中，该编码器包括一个 HDT 编码器 16 及一个加法电路 18。HDT 编码器 16 通过端子 12 接收将要被隐藏到音频信号中的辅助数据。

HDT 编码器 16 对原始音频信号 $S(t)$ 进行分析，以确定频谱整形要求。通过端子 12 输入的辅助数据 $X(m)$ 被调制以产生彩色噪音信号 $d(t)$ ，然后在发送前它在加法器 18 中被加到原始音频信号 $s(t)$ 上。该组合信号 $y(t) = S(t) + d(t)$ 通过发射机 22 被发射到总标号为 20 的信道上。虽然在图 1 中是表示无线电信道，但应理解，有线信道（例如导电电缆或光导纤维缆）也可被使用。本发明也可应用于记录在磁或光介质或类似物上的音频信号，例如记录在音频重播技术中公知的磁带及小型盘上的音频信号。

接收器 24 产生发送信号的复制信号，表示为 $y'(t) = S'(t) + d'(t)$ 。由于原始音频信号 $S'(t)$ 遮掩了辅助数据，辅助数据 $d'(t)$ 隐藏着且是不能被听到的。收听信号的用户将听到常规的音频信号 $S'(t)$ ，但不能感觉到 $d'(t)$ 的存在。HDT 解码器 26 将从接收的信号 $y'(t)$ 中恢复以 $x'(m)$ 表示的辅助数据信号 $x(m)$ 。

发射机 22、接收机 24 及它们间用以通信的传播媒界统称为信

道 20。该信道实际上可以是使用任何的模拟或数字传送方式的、能携载音频信号的任何媒体。此外，发送可使用压缩或非压缩的方式。作为例子，可以是 AM 或 FM 广播、卫星传输、有线电视、盒式磁带、小型盘及类似媒体。

图 2 是传输信道 20 的一个模型。该信道简单地用一个线性信道滤波器 30 ($H(Z)$) 及一个称谓“信道噪音”的附加噪音 $g(t)$ 来模仿。在图 2 所示的实施例中，信道噪音经过加法器 32 附加在线性信道滤波器 30 的输出上。

线性信道滤波器 $H(Z)$ 被要求具有标定的低通特性及足够宽的带宽，以便通过高质量的音频信号。传输信道的输出为 $y'(t) = s'(t) + d'(t) + g'(t)$ 。分量 $s'(t)$ 及 $d'(t)$ 分别为信道对输入 $s(t)$ 及 $d(t)$ 的响应。

图 3 表示一个基本的白色噪音 HDT 编码器，它允许辅助信息被载在作为无彩色噪音的音频信号（即，无频谱整形的扩展频谱载波）上。使用无彩色噪音来携载辅助信息，就提供了比使用彩色噪音能获得的性能低一些的性能，正如下面结合附图 5 及 6 更详细描述的。但是，如图 3 所示的基本编码器能够简单及直接地被实施。

图 3 的编码器 16 通过端子 40 接收音频输入 $s(t)$ 。通过加法电路 52 对该输入加上辅助信息，后者具有扩展频谱信号的形式。应当理解，可以使用任何公知的信号组合电路使音频输入信号与携载辅助信息的扩展频谱信号相组合。

待与音频信号一起传送的辅助信息通过端子 42 输入到正向误差校正 (FEC) 编码器 44。这种 FEC 编码器是本技术领域中公知的。然后，通过乘法器 46 使 FEC 编码数据与由传统伪随机噪音 (PN)

序列发生器 48 输出的随机噪音序列相乘。该 PN 发生器 48 可以基于例如反馈移位寄存器电路或另外公知的键控和发生器电路来形成。该发生器的输出 $PN(n)$ 例如可以具有值 +1 或 -1。 $PN(n)$ 的长期功率频谱是平的（或“白色”的）。

乘法器 46 的输出是调制的 PN 序列 $P(n)$ 。通常， $PN(n)$ 的采样速率高得多。因此， $G \gg 1$ ，这里 $G = n/1$ ，是处理增益（“传播比”）。图 3 中所示的从 $X(m)$ 到 $P(n)$ 的信号处理包括传统的直接序列扩展频谱调制。

调制的 PN 序列 $P(n)$ 被输入到数模转换器 50，该数模转换器将信号转换成模拟方式 $d(t)$ ，以便和音频信号组合。然后，该音频信号通过信道与图 4 中的解码器通信。

在图 4 所示的解码器中，载有辅助信息的音频信号通过端子 60 输入到模数转换器 62。音频信号也直接地通过导线 72 输出到传统的音频处理电路，该电路通常包括放大器及扬声器（或另外的换能器），用以重播声音。包含辅助信息的噪音处于音频输出信号的电平上，它足够地低，以致实际不为人耳听到。于是，辅助信息被“隐藏在音频信号中；虽然它存在，但是不能被听到。

模数转换器 62 将输入信号转换成数字域信号，以便在乘法器 64 中与和用于编码器中相同的伪随机序列相组合。由 PN 序列发生器 6 提供伪随机序列，该序列发生器 66 和编码器中的 PN 序列发生器 48 是一样的。被电路 64 执行的乘法使扩展频谱信号解调，然后以传统方式由积分及清除电路 68 对该信号去扩散。去扩散输出 Z' （1）知 FEC 编码辅助信息。该信息被 FEC 解码器 70 解码，以输出被恢复的辅助信息 $X'(m)$ 。

附加于原始音频信号的、不能被听到的噪音音量，通过使用取代由 图 3 编码器提供的白色噪音信号的彩色噪音信号提高约 10 至 20dB。根据本发明的彩色噪音 HDT 编码器的例子被表示在图 5 中。该图中所示的实施例对数字域中的音频信息进行分析，以确定其频谱、以相同的频谱对辅助数据“上色”、及在组合信号转换回模拟域以前使音频数据与彩色辅助数据数字地相组合。但是，应当理解，该实施例仅是优选实施例的一个例子。该处理可在数字域或模拟域中实现，及其信号可作为数字或模拟信号传送，这取决于使用本发明的系统的具体需要。因此，在图 5 及 6 中设置模数转换器及数模转换器并不意味着：建议根据本发明的处理必须如图示地实施。

音频信号通过端子 80 被输入到图 5 的编码器中。A/D 转换器 84 使模拟音频信号转换成数字形式 $S(n)$ 。待与音频信号 $X(m)$ 一起传送的辅助数据 $X(m)$ 经由端子 82 被输入到 FEC 编码器 86。使用 FEC 编码来保证数据的完整性及产生编码的符号 $Z(1)$ 。信息位数与符号数目之比为 $R = m/l$ 。项 m 代表对于 $X(m)$ 的采样速率。

PN 序列发生器 92 提供 PN 载波 $PN(n)$ ，它例如可具有值 +1 或 -1。这就提供了白色长期功率频谱。在乘法器 90 中 $PN(n)$ 与 $Z(1)$ 相乘，以产生调制的 PN 序列 $P(n)$ 。

在 LPC 合成滤波器 94 中， PN 调制信号 $P(n)$ 的平频谱接受频谱整形。借助使 PN 调制信号通过具有响应 $1/A(Z)$ 的滤波器 94 来施加频谱整形，其中，

$$A(Z) = 1 - (a_1Z^{-1} + a_2Z^{-2} + \dots + a_nZ^{-n})$$

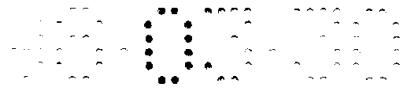
及 a_i 为第 N 阶 LPC 滤波器的系数。

该用于频谱整形的 LPC 滤波器的系数与由 LPC 分析电路 88 从音频信号中获得的系数相一致。LPC 的分析可使用任何公知的分析信号频谱的方法，例如由 L. Rabiner 和 R. Schafer 所讨论的 Durbin 递推法，见“语音信号的数字处理”，Prentice-Hall 出版社，1978 年第 411 - 413 页，第 8.3.2 节。

用于 LPC 分析的阶 N 必须取得大，以精确地模仿原始音频信号的频谱。例如，约 5 至 50 之间的阶将适于 LPC 分析。正如本技术领域的熟练技术人员可理解的，阶 N 将取决于信号带宽。因此，例如对于典型电话带宽，N 可在从约 5 至 20 的范围内选择。LPC 滤波器的系数必须经常更新，以跟踪原始音频信号中出现的音乐或语音的变化。

LPC 合成滤波器 94 的输出是调制的彩色噪音序列 $P_c(n)$ 。噪音功率通过功率估算及控制电路 96 和乘法器 98 调节到所需的等级。例如，如果需要在音频信号上携载作为不能听到的辅助信息时，噪音功率将被调节到可听阈值以下。在另外的应用中，可能需要将噪音功率调到高于可听阈值。例如，在数字音频磁带（DAT）的复制保护方案中，每当作出复制时需将噪音信号加到数字音频信号上。在给定数目的复制后，累积的噪音将会使录音质量在音质上降级。另一种方式是，可能需要对音频信号导入预定的干扰量。在此情况下，将调节功率估算及控制电路 96，以便对音频信号导入所需的噪音量（它可能高于可听阈值）。

对于滤波器 94 的每个伪随机帧输出，由功率估算及控制电路 96 测量原始音频信号 $S(n)$ 及 $P_c(n)$ 中的平均功率。通过乘法

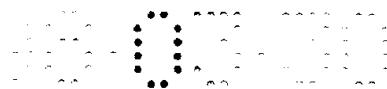


器 98 对 $P_c(n)$ 施加合适的定标量 $f(1)$ ，以将输出信号功率 $d(t)$ 维持在所需功率等级上，例如低于可听阈值。为了使辅助信息不能被听见，辅助信息与音频信息的比例通常在幅度上为 100 : 1 或功率上为 10,000 : 1 (40kB)。功率受调节的彩色 PN 噪音信号 $d(n)$ 通过加法器 100 加在原始音频信号 $S(n)$ 上，以产生组合输出信号 $Y(n)$ 。输出信号 $Y(n)$ 可通过数模转换器 102 转换成模拟信号 $Y(t)$ ，以替代原始音频信号 $S(t)$ 被发送。

作为一个实现图 5 编码器的假设的、但为实际设计的例子，对于通过端子 82 输入的辅助信息可使用每秒 30 位 ($m=30Hz$) 的数据输入速率。FEC 编码器速率可为 $R = 1/2$ ($l=60Hz$)。该例设计的处理增益 (扩散比) 为 $G = 500$ (27dB)。伪随机采样速率 (芯片频率) 为 $n = 30KHz$ 。LPC 预测阶为 $N = 10$ 。并假定，该信道至少具有 15KHz 的带宽及较小的频率失真。

在该设计例中，编码器使用二进制相移键控 (BPSK)。在该实施例中， $X(m)$ 、 $Z(1)$ 、 $PN(n)$ 及 $P(n)$ 为二进制信号， $X(m) = \{0, 1\}$ ， $Z(1) = \{-1, +1\}$ ， $PN(n) = \{-1, +1\}$ 及 $P(n) = \{-1, +1\}$ 。该 FEC 编码器对于每个 $X(m)$ 的输入采样产生两个 $Z(1)$ 的采样。一个 PN 帧被确定为 $PN(n)$ 的 500PN 电路片 (采样) 的组。对于每个 $Z(1)$ 的采样，PN 帧中的 500 个 $PN(n)$ 采样被乘以 $Z(1)$ 。换言之，如果 $Z(1) = -1$ ，仅是 PN 帧中 500 个采样的符号改变。所产生的 BPSK 调制 PN 信号 $P(n)$ 具有白色噪音频谱。借助使 $P(n)$ 经过 $1/A(Z)$ 来获得所需的频谱整形，以产生 $P_c(n)$ 。

虽然在以上设计例中的原始音频信号 (干扰信号) 比噪音信号



强（例如强 20dB），但处理增益非常高。具有 $R = 1/2$ 及 $G = 500$ ，有效处理增益为 1000（30kB）。可获得的位能与噪音强度比（ E_b/N_0 ）为 $30 - 20 = 10kB$ ，这非常适合于 BPSK 信号传输。

应当理解，在上例中指出的具体参数仅是为了说明的目的。在专门的实施中可使用另外的参数，正如本技术领域的熟练技术人员所了解的。

图 6 表示用于图 5 中编码器输出信号的解码器。该解码器通过端子 110 接收 $y'(t)$ 。为了在编码器上取消由 LPC 合成滤波器 94 施加的频谱整形并恢复 $P(n)$ ，该解码器必须具有 LPC 滤波系数。但是，这些系数不是由编码器发送的，即使 LPC 的阶 N 是固定的并被解码器所了解。而是，解码器将基于接收信号使用 LPC 分析器 116 执行独自的 LPC 分析，以估价 LPC 滤波器。从估价获得的系数被输入到 LPC 预测滤波器 114，它是编码器中 LPC 合成滤波器 94 的反相滤波器。因为 $S'(t)$ 是接收信号中的主要分量，它是 $S(t)$ 的良好复制信号，并由于插在 LPC 分析中的平均处理（提供宽处理窗），估价出的 LPC 系数 a'_1, a'_2, \dots, a'_N 可以非常接近在编码器中使用的 LPC 系数 a_1, a_2, \dots, a_N 。

一旦用于 LPC 预测滤波器的系数 $A'(Z) = [1 - (a'_1 Z^{-1} + a'_2 Z^{-2} + \dots + a'_N Z^{-N})]$ 被获得，就使采样的接收信号 $y'(n)$ 滤波，以产生 $y''(n) = s''(n) + p'(n) + g'(n)$ 。 $P'(n)$ 是 $P(n)$ 的准确复制信号，因为 LPC 合成滤波器 $1/A(Z)$ 及信道响应 $H(Z)$ 的组合影响已被 LPC 预测滤波器 $A'(Z)$ 消除。 $S''(n)$ 及 $g'(n)$ 分别是当 $S'(n)$ 和 $g(n)$ 被 $A'(Z)$ 滤波时的预测剩余。由于高的处理增益，

g' (n) 的作用可以大大地忽略。 A' (Z) 去掉了 S' (n) 中的许多冗余，因此 S'' (n) 将具有平的白色频谱。 S'' (n) 中的功率也通过 LPC 滤波器 A' (Z) 的典型的大预测增益而被降低。因此， S'' (n) + g' (n) 变为对 P' (n) 的白色噪音干扰，后者本身具有白色噪音频谱。

用于从 P' (n) 恢复辅助数据的其余步骤类似于被图 4 的序列扩展频谱解调器所使用的步骤。与在编码器中使用的 PN 序列相同的 PN 同步序列使用 PN 发生器 118 及乘法器 120 与 y'' (n) 相乘。包括加法器 122 及开关 124 的积分及清除电路进行去扩散及主要从 S'' (n) + g' (n) 中的功率恢复 Z' (1) 及积分。在图示的实施例中，PN 序列的相关特性允许 p (n) 中所有 500 个采样累加并产生 Z' (1)。在该例中，开关 124 以 60Hz 的速率进行开关，及 Z' (1) 具有约 14dB (5:1) 的 SNR，它足够地大，用于使具有 $R = 1/2$ 的简单 FEC 解码器在 30bps 速率上可靠地解码 X' (m)。通过处理增益 $G = n/1$ 使信噪比（信号是 Z' (1)）得到改善。最后，FEC 解码器 12b 执行对产生辅助数据 X' (m) 的可靠估算所必需的误差校正。

图 7 表示使用梳状接收器的解码器的实施例。该解码器从由图 3 所示类型的白色噪音编码器产生的原始音频信号中解码辅助信息是有利的。虽然无彩色的白色噪音信号在给定功率等级上要比具有适当频谱整形的彩色噪音信号更易听到，但白色噪音信号传输性能可通过 LPC 滤波器及梳状接收器的结合得以显著改善。这是通过使用比彩色噪音情况下低得多的噪音功率来获得的，并依靠接收机上的 LPC 预测增益来减小初始音频信号的干扰功率。但是，LPC 预测

滤波器 A (Z) 在白化原始音频信号频谱时将整形噪音信号。这种由 A (Z) 导入的符号间干扰是用图 7 中总标号为 142 的梳状接收器来克服的，它将每个 A (Z) 系数作为多通路分量来处理。

图 7 表示这样一种使用 LPC 预测滤波器的解码器，该 LPC 滤波器包括 LPC 分析器 136 和 LPC 滤波器 138 以及梳状接收器 142。梳状接收器的分支数或“梳指”数必须近似地与 LPC 滤波器的阶 N 相匹配。每个梳指包括：乘法器 146，它从 PN 发生器 140 接收 PN (n) 序列；及由乘法器 147 形成的分支加权器，它使得各个乘法器 146 的输出乘以相应的分支权重。

图示的解码器使用了简单的组合策略，它直接地在一个组合器 150 中使来自每梳指的所有能量相加。这是通过将分支权重设成 1、例如 $a_1' = 1$ ， $a_2' = 1$ ，...， $a_N' = 1$ 来实现的。可以实现更佳的组合策略，这将根据 LPC 系数动态地改变每个梳指中的权重。例如， a_1' 可设成等于 LPC 系数 a_1 ， a_2' 可设成等于 LPC 系数 a_2 ，等等，其中 LPC 系数 a_1 ， a_2 ，...， a_N 是由 LPC 分析器 136 逻辑计算出的系数。

在组合器 150 的前面，每梳指加权的输出使用电路 148 进行积分及清除，该电路 148 相应于图 6 中的部件 122 及 124。组合器 150 的输出在 FEC 解码器 152 中被解码，一假定原始辅助信息数据是用 FEC 编码的。在端子 130 上接收的音频信号包括作为白色噪音的辅助信息，它通过导线 134 输出，用于传统音频处理。

在一个替换的彩色噪音实施例中，频谱整形是由子带编码技术而非线性预测编码来提供的。这里所使用的词“子带编码”意在包括转换编码。对于频谱整形使用子带编码的编码器例表示在图 8

中。相应的解码器表示在图 9 中。

在图 8 的编码器中，LPC 滤波器被快速傅里叶变换（FFT）操作所取代。不是用 LPC 分析。而是用 FFT166 来计算原始音频信号的 FFT。这就提供了原始音频信号的频谱形状信息，它能用于整形 PN 噪音信号，以匹配原始音频信号的频谱形状信息。图 5 的 LPC 合成滤波器被 FFT174 取代，其后跟随有反 FFT 处理器 178 执行的反向 FFT 操作。如同图 5 的实施例，音频输入通过输入端子 160 被 D/A 变换器 164 接收，其输出在加法器 180 中与由反向 FFT 处理器 178 输出的彩色噪音相加。辅助信息数据通过端子 162 输入到 FEC 编码器 168 中。FEC 编码器的输出在乘法器 170 中与来自 PN 发生器 172 的伪随机序列相结合。与彩色噪音相组合的音频信号被 D/A 变换器 182 变换成用以在通信信道上传输的模拟信号。如结合上述实施例所指出的，FEC 编码器是一种选择，也可需要或不需要 A/D 和 D/A 变换器，这取决于音频信号接收的具体方式及它希望被输出的形式。

图 9 的解码器通过端子 190 接收来自图 8 编码器的输出。如果需要，A/D 变换器 192 将模拟输入转换成数字信号，以便由整形 FFT196（“FFT_s”）及分析 FFT198（“FFT_a”）进行处理。这两个 FFT 的输出由乘法器 200 组合并输入到反向 FFT 处理器 202 中。所产生的白色扩展频谱信号使用 PN 发生器 206 和乘法器 204 以及积分和清除电路 208 进行解调。如果需要，FFC 解码器 210 提供正向误差校正解码。包括音频信号及以噪音方式载于其上的接收信号通过导线 194 输出到传统的音频处理电路。

应当指出，分析 FFT198 的长度应足够地长，以便可靠地估算原

始音频信号的频谱。但是，噪音整形 FFT196 的长度不一定要与分析 FFT 的长度相同。如果需要较短的长度，可用有限脉冲响应（FIR）滤波器取代噪音整形操作，而无过多的计算负担。该 FIR 滤波器必需使用任何公知的滤波器设计技术、如在“数字信号处理”第 5、6 节（Oppenheim 及 Schafer 著）中所公开的技术根据分析 FFT 的结果来动态地设计。

本发明的技术可用于在相同音频信号上的多个不同的辅助信息信号的通信。在图 10 中表示出实现它的一个编码器的实施例。在该“级联式”实施例中，音频信号通过端子 220 输入。第一编码器 222 包括一个 HDT 编码器 226，它使从端子 224 输入的第一辅助信息信号通过组合器 228 加到音频信号上。编码器 222 的输出通过信道 230 被传送到另一编码器 232。该编码器可以和编码器 222 相同，并将通过端子 234 输入的第二辅助信息信号加到已包括第一辅助信息信号的音频信号上。编码器 232 的输出通过信道 240 被传送到后继编码器 242 上，该编码器也可和编码器 222 及 232 相同。该编码器 242 通过端子 244 接收第三辅助信息信号，并将它加到已包括第一及第二辅助信息信号的音频信号上。编码器 242 的输出经过信道 250 传送。

任何数目的辅助信息信号可使用图 10 中所示的级联式编码器进行组合。每个 HDT 编码器 226 可包括一个功率控制部分（例如图 5 中所示的单元 96）以便个别地控制每个辅助信息信号加到音频信号上时的功率等级。

在图 11 所示的实施例中，对各单独的辅助信息信号进行处理以提供相应的扩展频谱信号，它们组合成一组用于频谱整形。具体

地，原始音频信号通过端子 260 输入到 A/D 转换器 262（取决于实施方式，也可能不使用它），及其频谱被 LPC 分析器 264 分析。第一辅助信息信号（或信号组）通过端子 280 输入到选择的 FEC 编码器 282。由端子 280 输入的信号可以是单独的信号流或单个信号流的组合，并可包括数据和/或同步信息。应指出，当每个信号流被调制在扩展频谱载波上时，未调制的载波也能被发送，例如作为引导信号。这种引导信号在解码器上用于各种同步目的是有用的，它包括搜索及跟踪、同步及解调、PN 序列同步和/或 FEC 同步。

由端子 280 输入的信号使用 PN 发生器 284 及乘法器 286 被转换成扩展频谱格式。也可能包括不同数据流的第二辅助信息信号经由端子 290 被输入到选择的 FEC 编码器 292。该信号被 PN 发生器 294 及乘法器 296 转换成扩展频谱格式。“第 N”辅助信息信号（它可包括不同数据流的组合）通过端子 300 输入到选择的 FEC 编码器 302，并由 PN 发生器 304 及乘法器 306 转换成扩展频谱信号。第二及第 N 扩展频谱信号在组合器 298 中组合，及它们在组合器 288 中与第一扩展频谱信号组合。

PN 发生器 284、294 及 304 均可工作在相同或不同的数据速率上。例如，如果输入到端子 280、290 及 300 的数据被设在不同速率上，各 PN 发生器可设在不同速率上，作为在解码器中区别各辅助信息信号的装置。如果所有的 PN 发生器工作在相同数据速率上，则它们的 PN 序列将最好均彼此相正交，以便于能根据公知的扩展频谱解调技术区别不同的输入数据流。

在任何或所有乘法器 286、296 及 306 后面可设置可变增益级以调整每通路中相应的扩展频谱信号的增益。这些增益级 287、

297 和 307 被表示在图 11 中。任何通路的增益可基于任何另外通路的增益来调整，以便提供具有所需音频信号电平的不同辅助信息信号。在每通道中辅助信息信号内的总组合信号增益的配置由一个增益分析和控制处理器 309 来提供，后者调整及维持多个数据流中的相对信号强度，并能独立地调节各个级 287、297 和/或 307 的适当增益，以调节每通路的增益。并设置了一控制输入端子 310，以便能手动或动态地调节各数据流之中的相对信号强度。例如，可在安装该装置时实现手动调节。另一方式是可以在系统工作期间，或是附加于手动调节、设置动态控制。

由组合器 288 输出的组合增益受调扩展频谱信号将在 LPC 合成滤波器 266 中被频谱整形，以模拟原始音频信号的频谱形状。所产生的彩色噪音输出在组合器 268 中与原始音频信号相组合，以便在转换器 270 中进行 D/A 转换（如果需要的话）。应当理解，可以使用任何合适的频谱整形技术、例如子带编码或带通滤波来代替图 11 中所示的 LPC 分析及滤波。

可在图 11 的编码器中使用一种功率控制电路（未示出）、例如图 5 中的功率估算及控制电路 96，以便在 LPC 合成滤波器 266 的输出端作为一组来控制所有辅助信息信号的功率。这种功率控制电路将能使组合辅助信息信号以所需电平、例如在低于或高于可听阈值的特定电平加到音频信号上。

可以使用图 6 中所示类型的解码器来恢复由图 10 及 11 中所示任一编码器提供的组合信号。图 6 的编码器包括选择控制部分 128，它向 PN 发生器 118 提供所需 PN 序列以恢复所需的一个辅助信息信号。例如，如果希望恢复输入到图 11 中端子 290 的辅助信

息，图 6 的选择控制部分 118 将提供给 PN 发生器 118 一个产生伪随机序列 PN₁所需的信息，它是在图 11 的编码器中由 PN 发生器 294 输出的序列。

图 6 的解码器可以如图 12 所示地改型，以便同时地对由原始音频信号携载的多个辅助信息信号解码。更具体地，图 12 的解码器通过端子 320 接收具有作为彩色噪音隐藏其中的辅助信息信号的原始音频信号。如果需要，用 A/D 变换器 322 将输入信号 $y' (t)$ 转换成数字域信号。所产生的信号 $y' (n)$ 可使用任何现有的技术、如图 6 中单元 114 及 116 所示的 LPC 分析及预测部分、通过如图 9 的 FFT 处理器 196、198 及 202 所示的子带编码、通过设置用于音频信号带宽内频率滤波的带通滤波器组、或通过任何另外合适的频谱整形或滤波方案进行白化。

图 12 的解码器包括多个级 332、342、352，每个接收白色输入信号 $y'' (n)$ 。每个级包括 PN 发生器（326、336、346），用于恢复多个辅助信息信号中的一个。PN 发生器可使用各种任何技术在各信号间进行区分。例如，可对每个辅助信息信号使用不同的 PN 序列，或对不同的信号使用不同的 PN 速率（例如 1bps、10bps、20bps … 等）。如果对不同的辅助信息信号使用相同的 PN 速率，则所使用的各 PN 序列最好均彼此相正交，以便于信号的区分和恢复。

由每个 PN 发生器输出的 PN 序列被输入到各自的乘法器 328、338、348 中，它们也接收白色音频信号 $y'' (n)$ 。由每个乘法器产生的输出被输入到各自的扩展频谱解调器 330、340 及 350 中，后者各输出相应的辅助信息信号。更具体地，级 332 输出使用

PN 序列 PN (A) 恢复的辅助信息信号 “ A ” , 级 342 输出使用序列 PN (B) 恢复的辅助信息信号 “ B ” , 及级 352 输出使用序列 PN (N) 恢复的辅助信息信号 “ N ” 。解调器 330 、 340 及 350 可包括任何合适的扩展频谱解调器, 例如图 6 中所示的“积分及清除”单元 122 和 124 的等同物。由解调器输出信号的任何所需的进一步处理, 如 FEC 解码将以传统的方式来提供。

附图中所示的各种另外的编码器可作类似的修改, 以处理插在一个音频信号中的多个数据流。例如, 图 3 中的编码器可设有多个级, 每个级包括单独的 PN 发生器 48 、乘法器 66 , 如果需要还可包括 A/D 变换器 50 , 以便对组合器 52 输出不同的辅助信息流。在组合器后面可替代地设置任何所需 A/D 转换器。图 4 的解码器可设有多个相应的级, 每级具有 PN 发生器 66 、乘法器 64 及集成和清除级 68 , 以便恢复被原始音频信号所载的各个辅助信息信号。在各个编码器级中也可包括任何所需的增益及功率调节单元, 以提供原始音频信号内具有(各)所需电平的辅助信息信号。

现在可以理解, 本发明提供了用于传送音频信号中辅助信息的方法和装置。辅助信息作为彩色噪音传送, 它被频谱整形以模仿原始音频信号的频谱形状。频谱整形可由任何数目的装置来提供, 其中包括 LPC 滤波及子带编码技术。PN 发生器可用来以扩展频谱信号的形式提供辅助信息, 它们随后被频谱整形。为了提供辅助信息的可靠传输, 可对 PN 发生器加密地键控, 以使得如没有相应的加密键钥将不能产生对应的 PN 序列。

虽然本发明是结合各个具体实施例公开的, 但对于本领域的熟练技术人员将理解, 在不偏离如权利要求书所提出的本发明精神和范围的情况下可作出各种修正和改型。

说 明 书 附 图

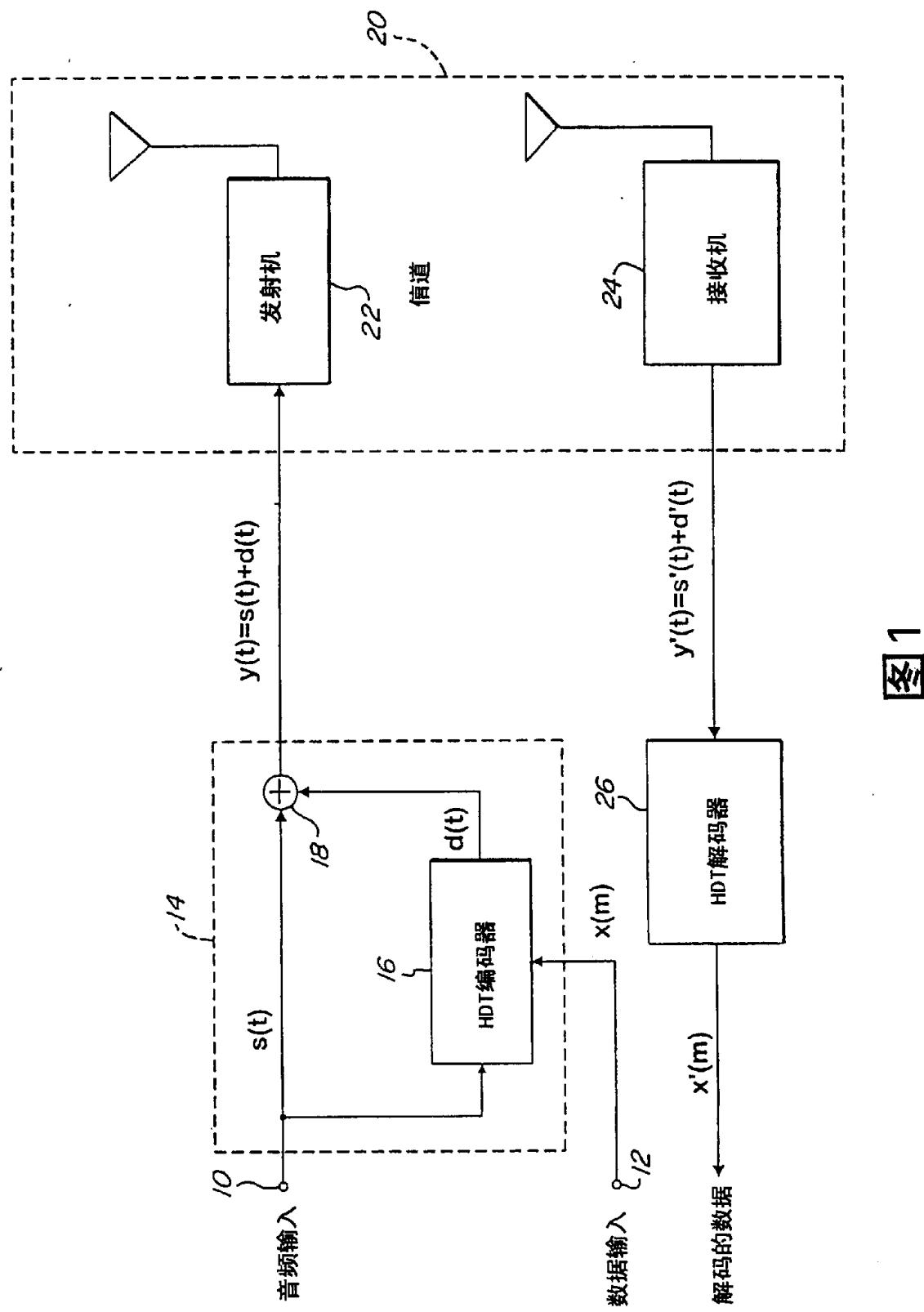
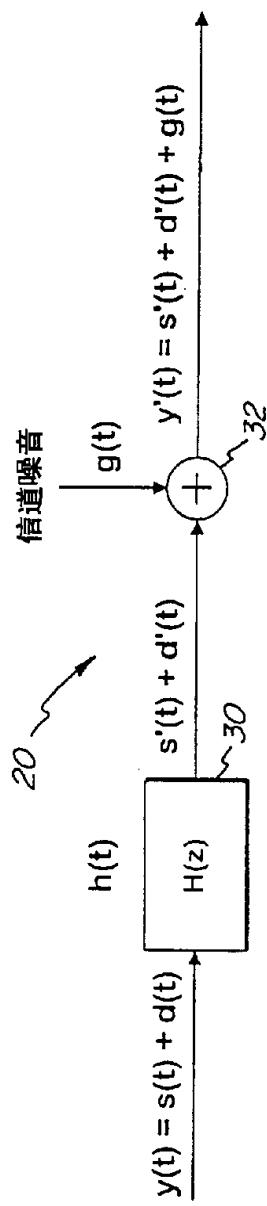


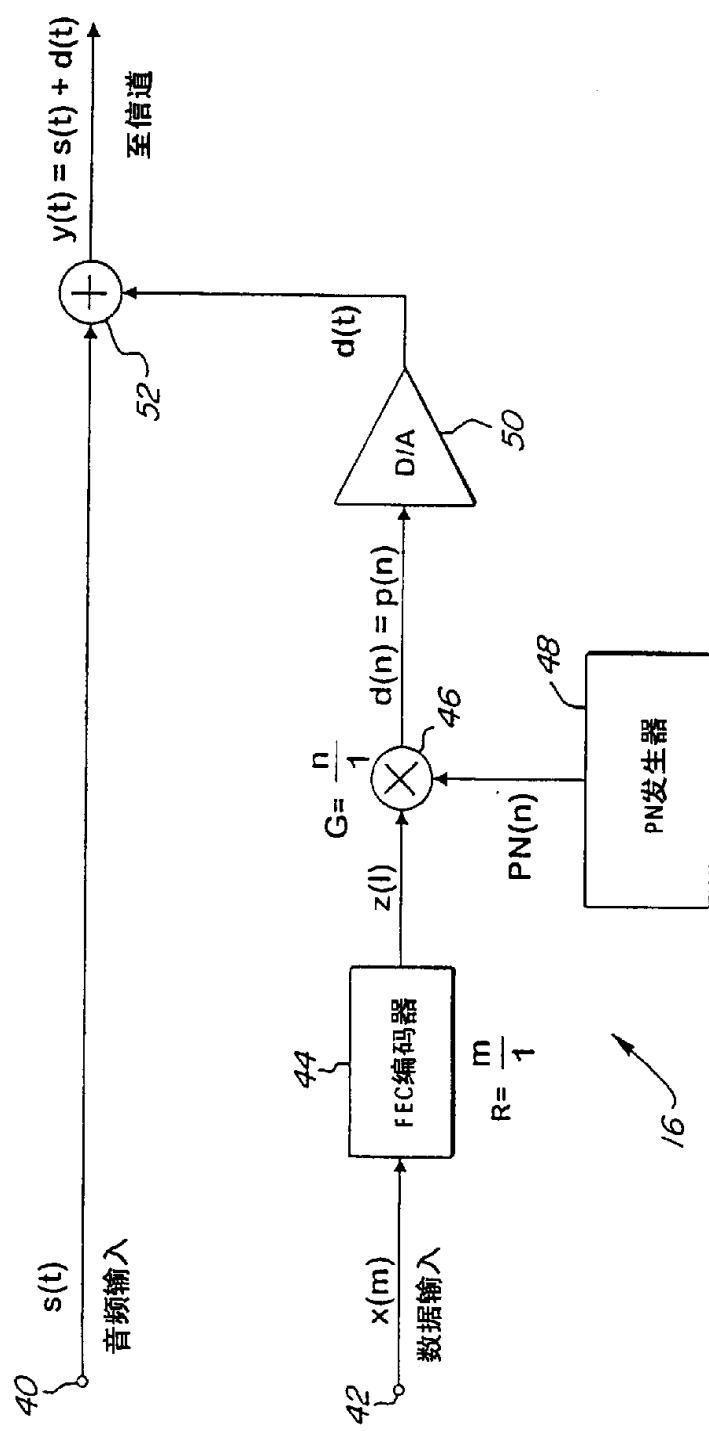
图 1

图2



$$s'(t) + d'(t) = h(t) * [s(t) + d(t)]$$

图 3



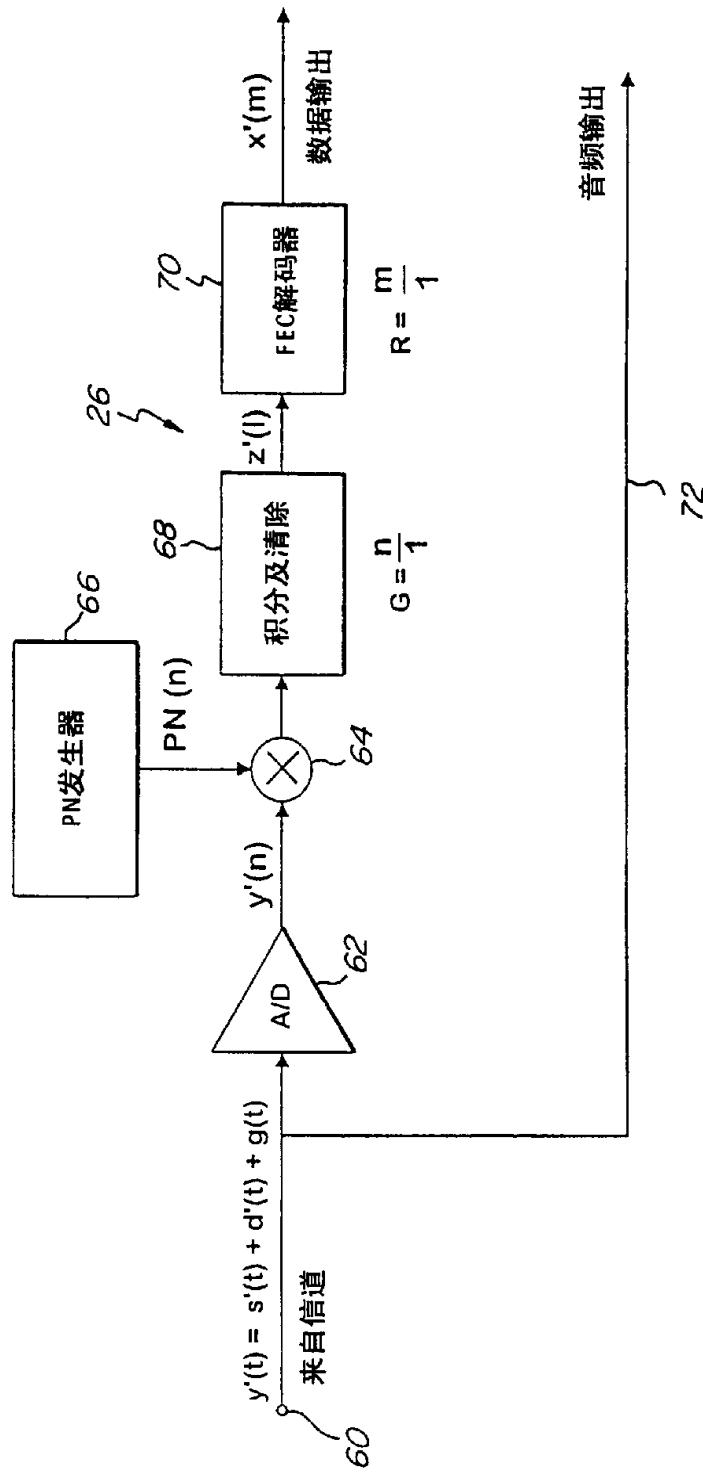


图4

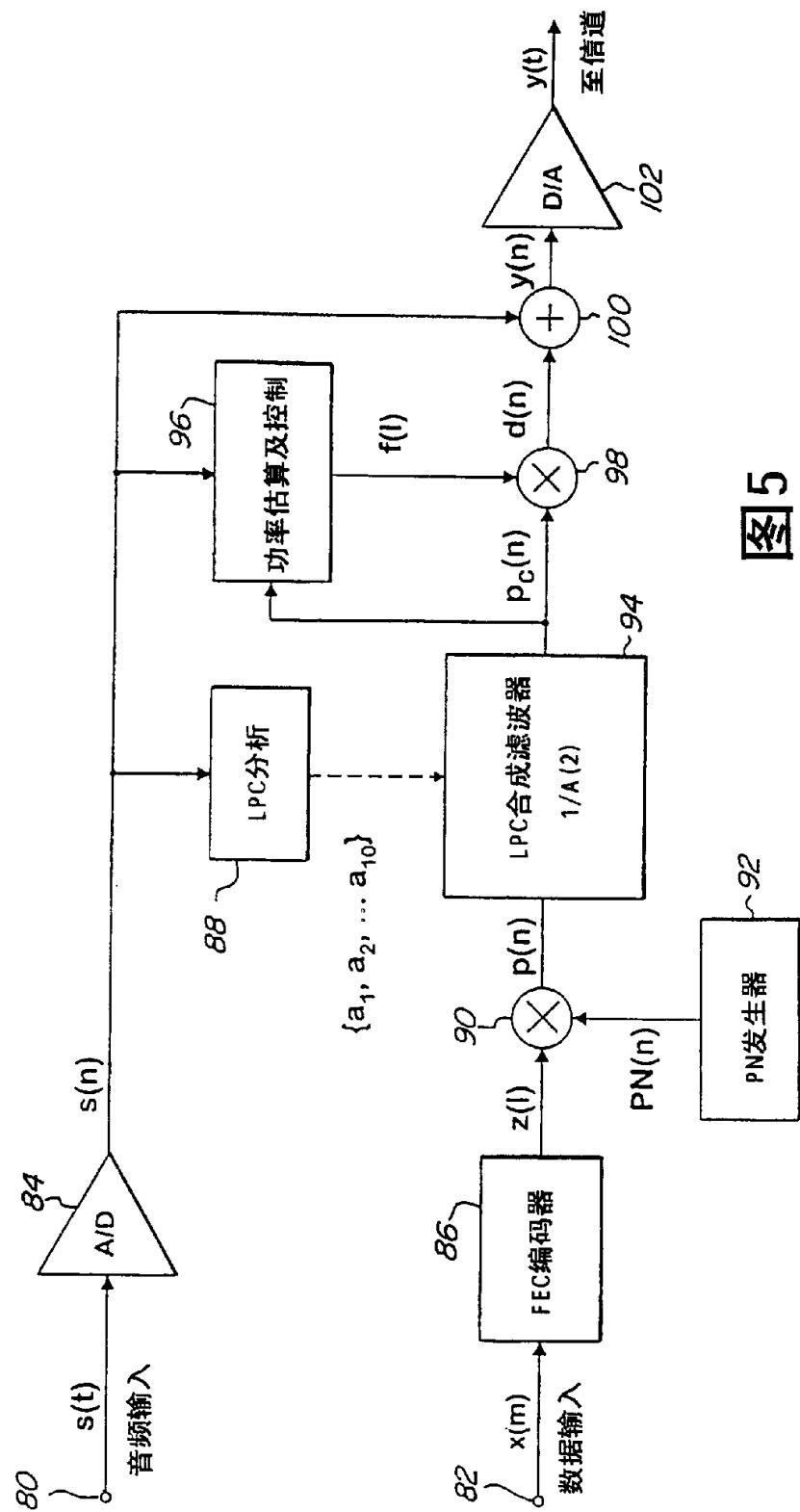
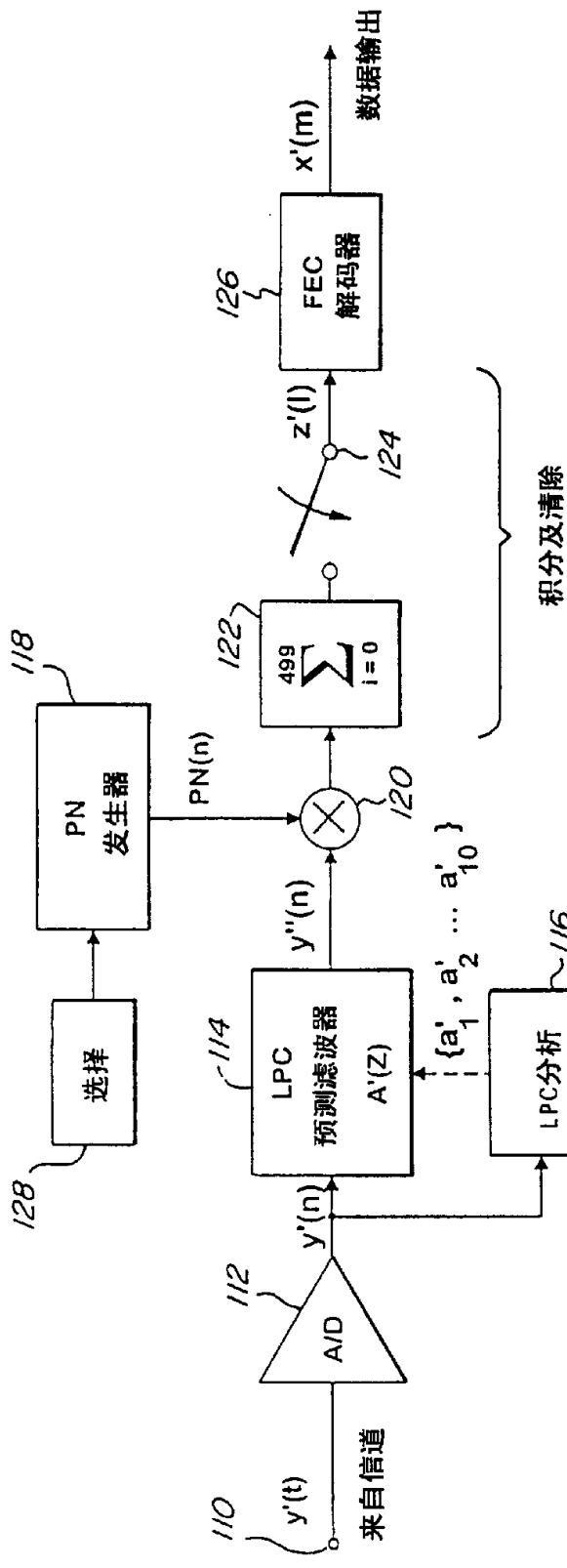
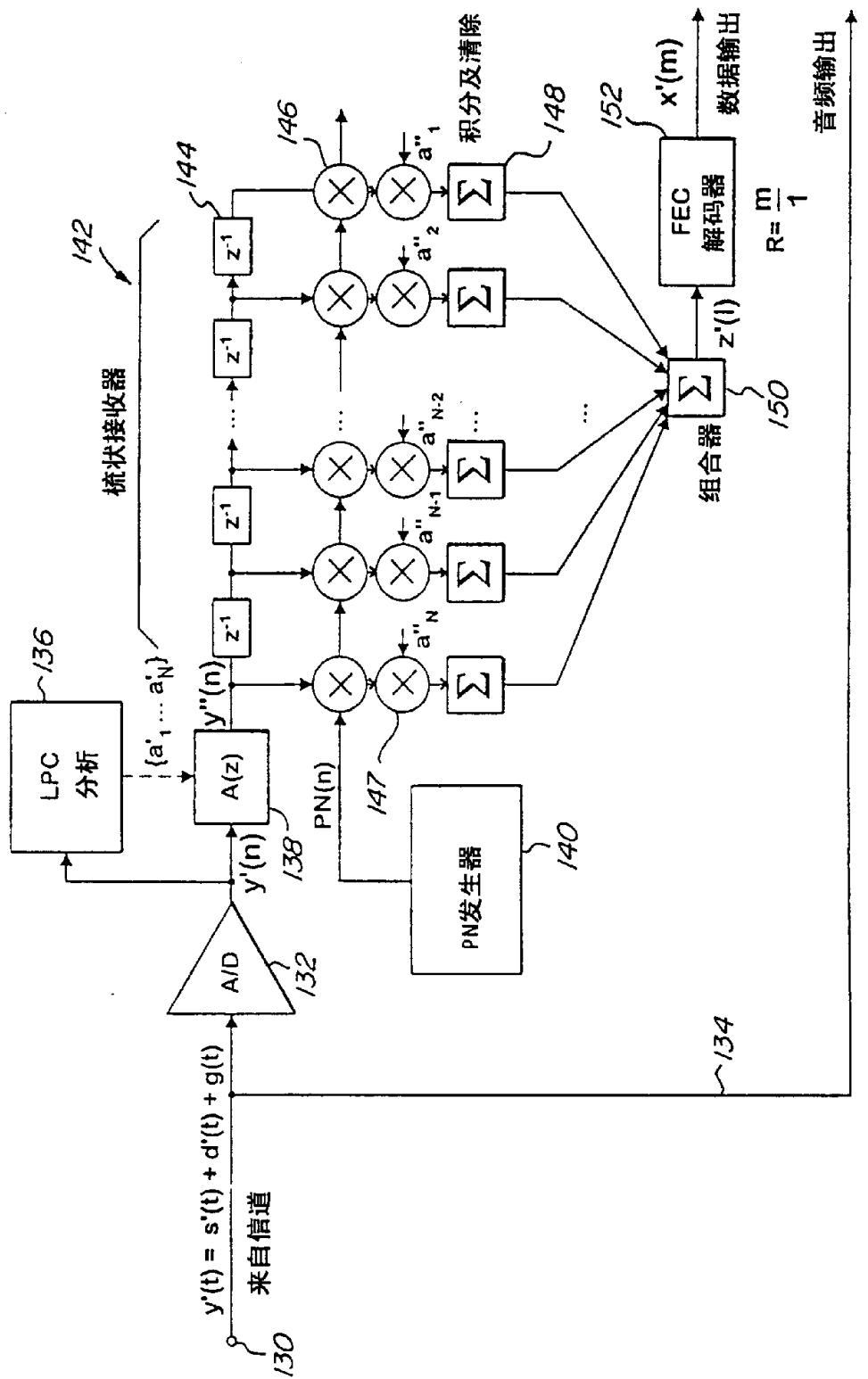


图 6





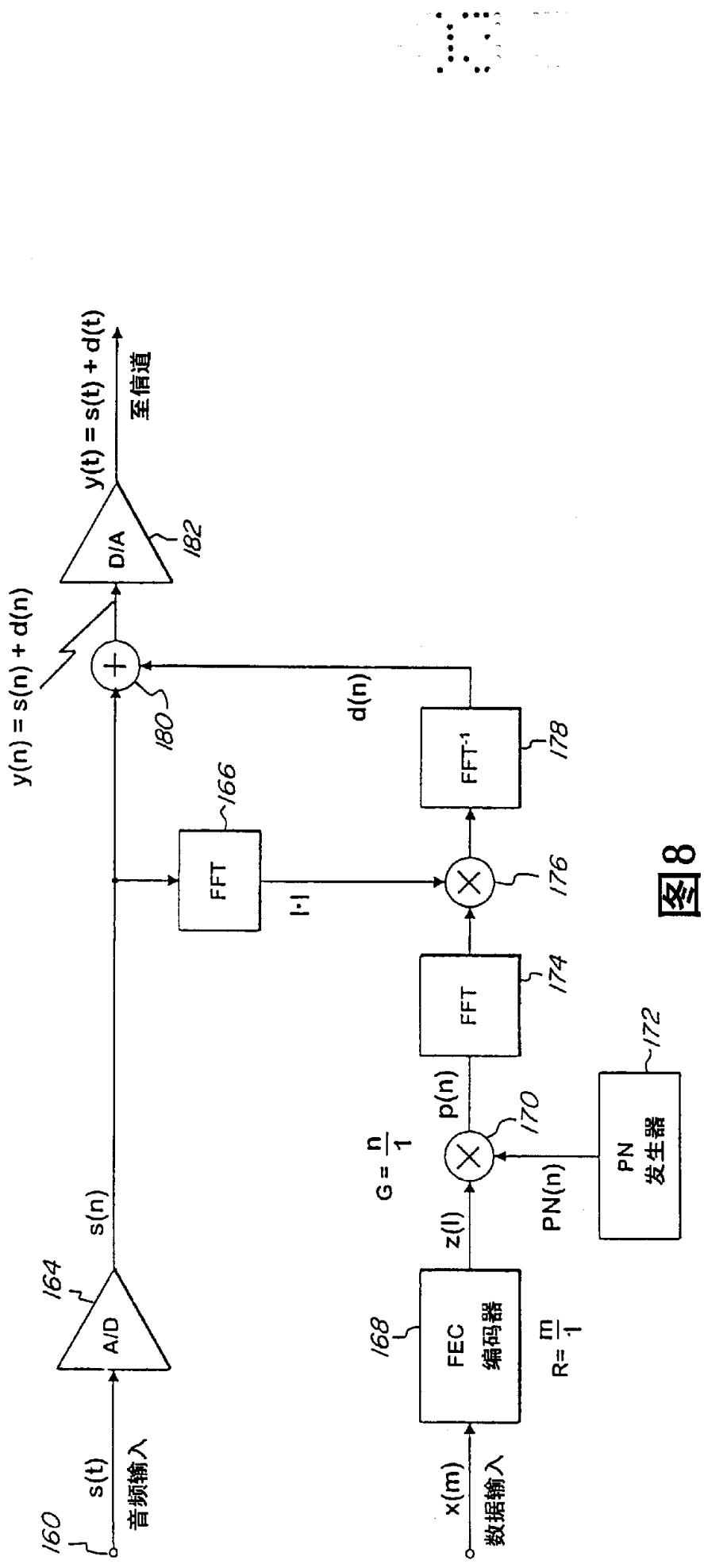
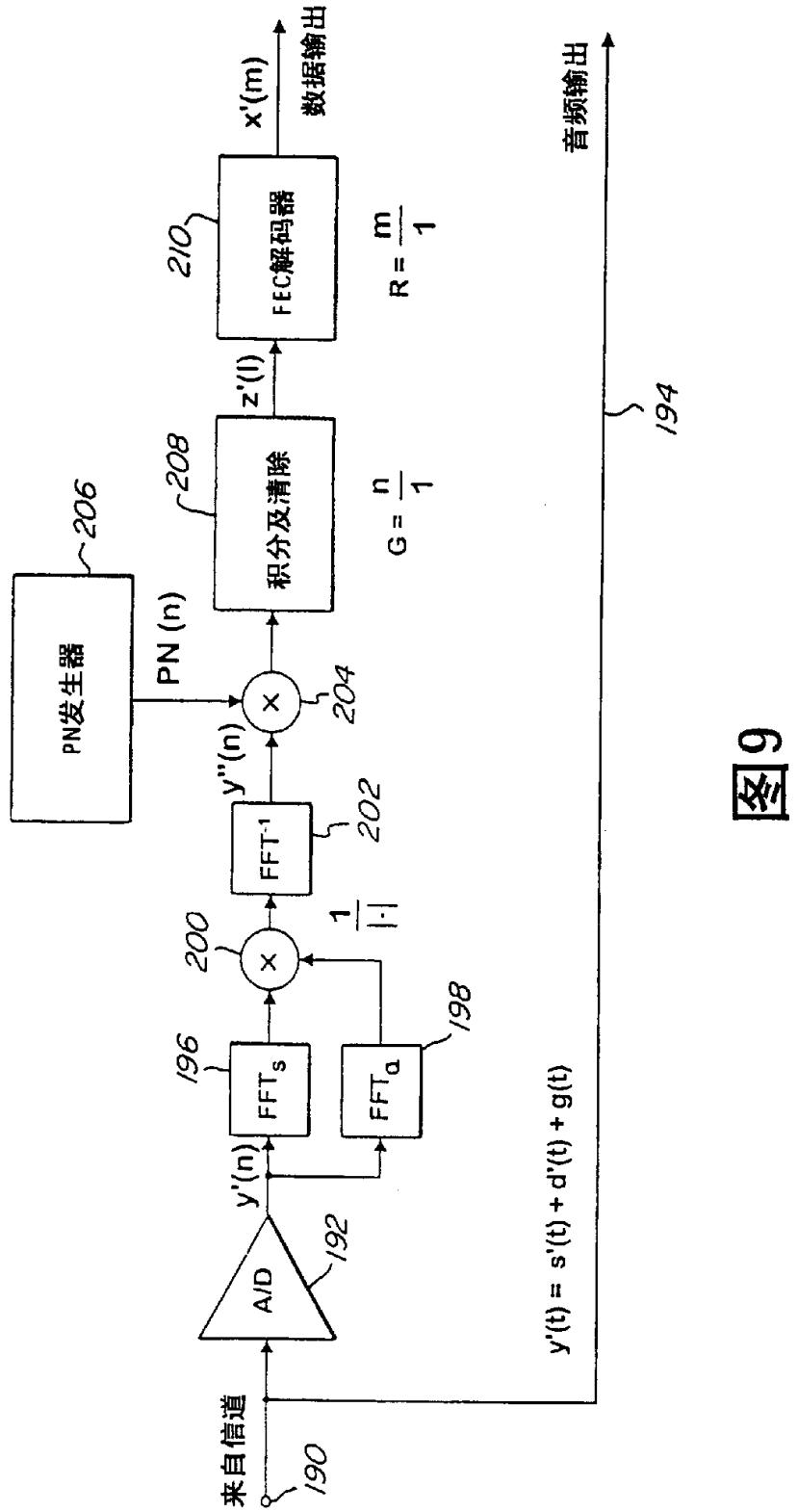


图 8



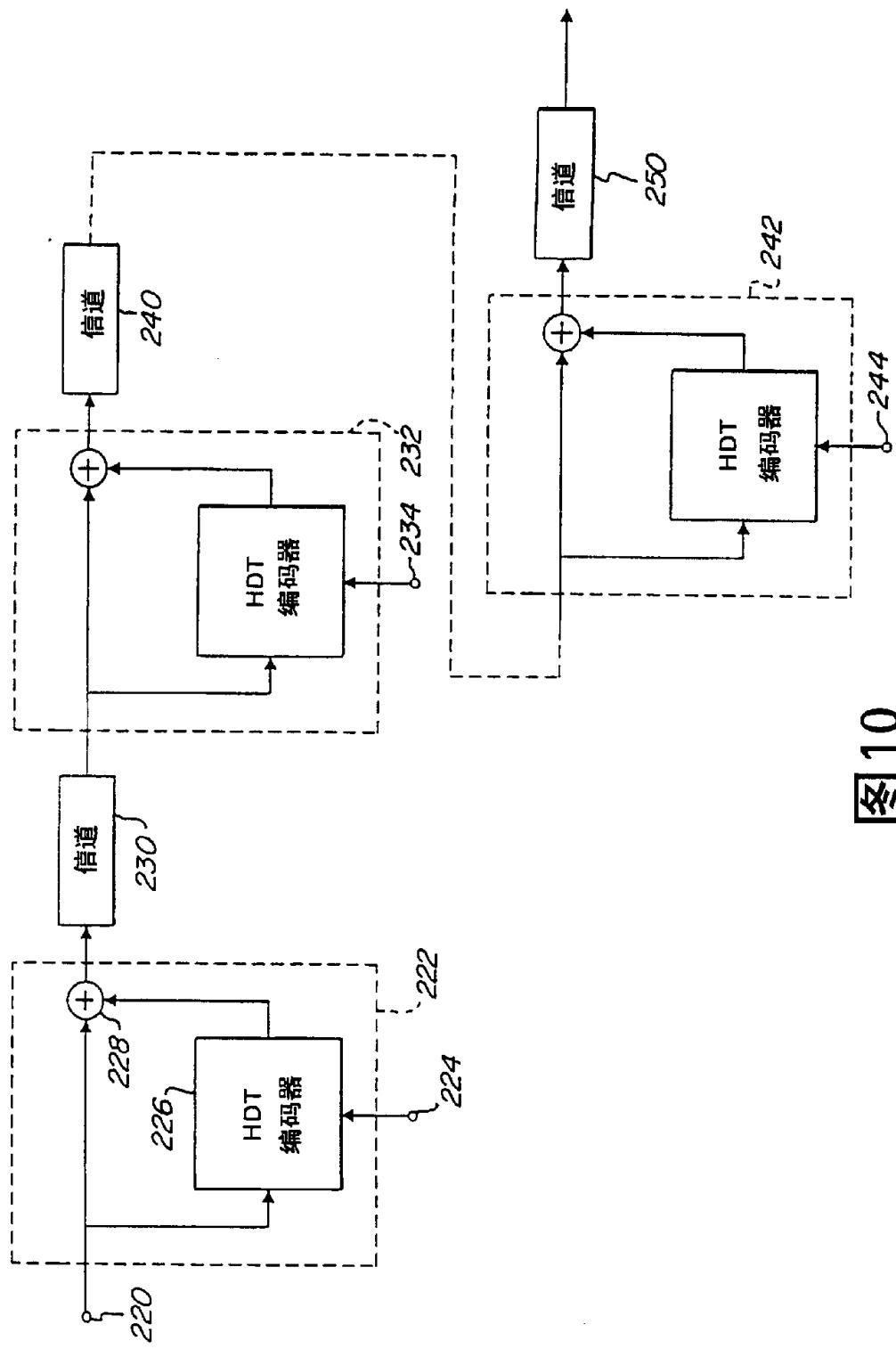


图 10

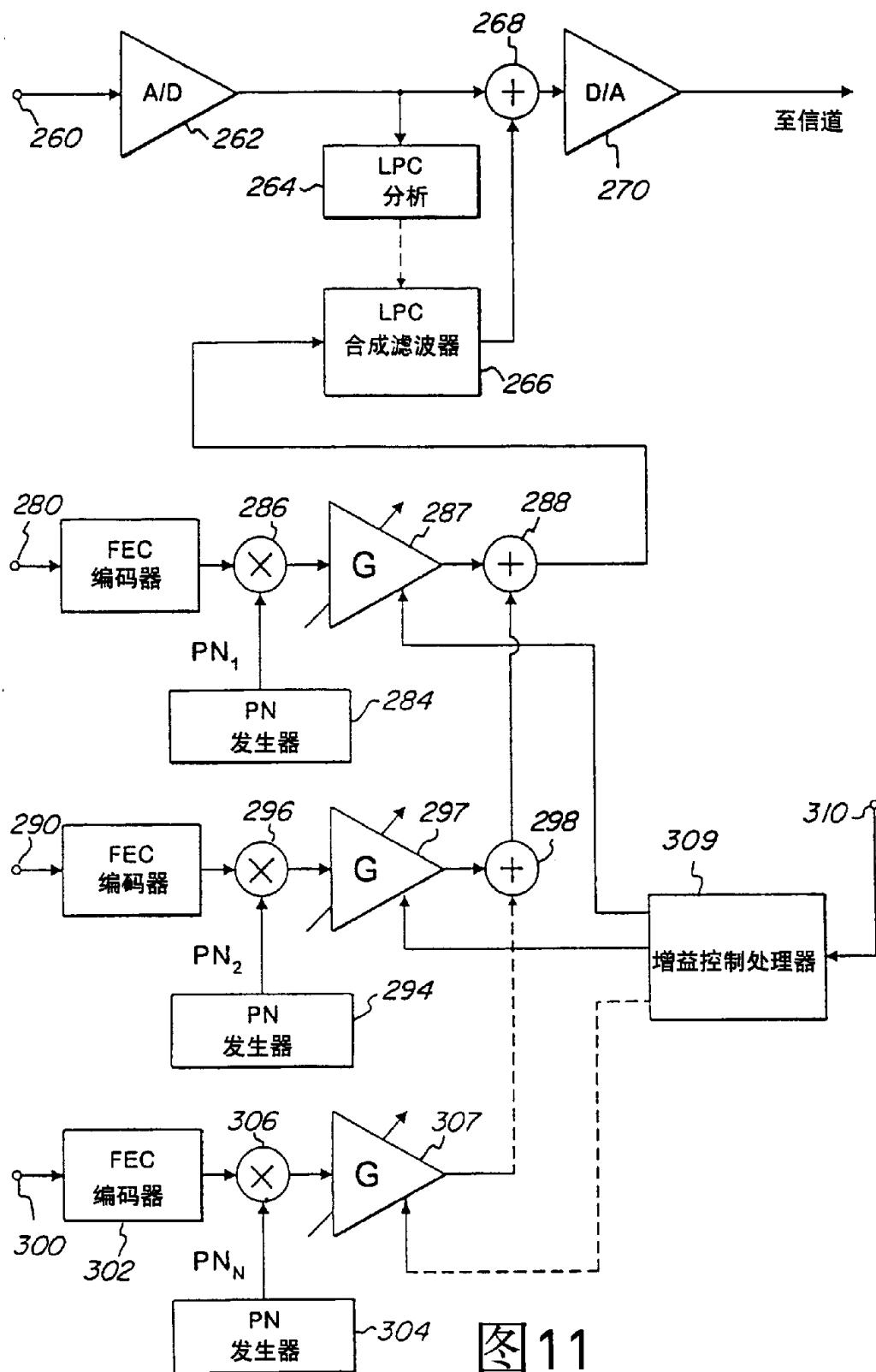


图 11

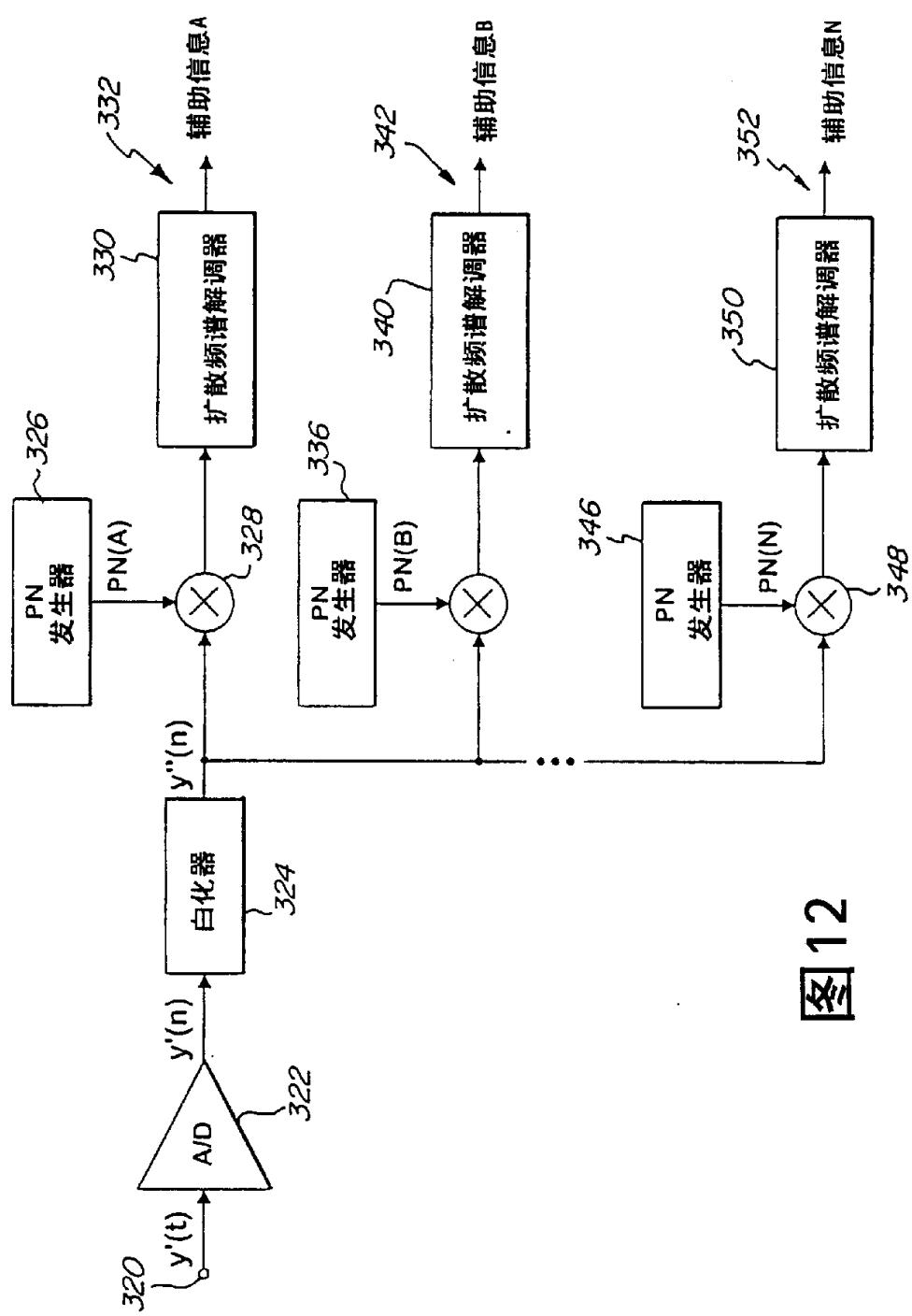


图 12